

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DE 04/02057

REC'D 17 NOV 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 49 635.1

**Anmeldetag:**

24. Oktober 2003

**Anmelder/Inhaber:**

ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**Verfahren zur Anpassung der Umkipperkennung in  
einer Fahrdynamikregelung an den Beladungszu-  
stand eines Kraftfahrzeugs**IPC:**

B 62 D, B 60 K

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 18. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kahle

22.10.03 Ms

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Verfahren zur Anpassung der Umkipperkennung in einer Fahrdynamikregelung an den Beladungszustand eines Kraftfahrzeugs

1. Stand der Technik

Bei Fahrzeugen mit hohem Schwerpunkt können bereits im normalen Betrieb Situationen auftreten, in denen das Fahrzeug zu kippen droht. Querdynamikregelungen verhindern indirekt Kippunfälle, indem sie das Fahrzeug stabilisieren, so dass es z.B. nicht durch Schleudern gegen einen Bordstein oder durch Einhaken der Felge in losem Untergrund neben der Fahrbahn umkippt oder sie wirken direkt der Umkippenneigung bei hohen Querschleunigungen (aufgrund von Fahrervorgaben über das Lenkrad und die Fahrzeuggeschwindigkeit) entgegen. Dazu gibt es für das Standard-ESP eine Roll Over Mitigation (ROM) genannte Erweiterung (siehe DE 101 35 020 A 1), mit der frühzeitig kippkritische Situationen erkannt und Stabilisierungsmaßnahmen ausgelöst werden (Bremseneingriff am kurvenäußeren Vorderrad, die Reduzierung des Antriebsmomentes, Abschwächung des Sperrmoments der Bremsmomentenregelung BMR).

Wesentliche Ursache für das Kippen eines Fahrzeuges um seine Längsachse ist die auftretende Querschleunigung. Da die gemessene Querschleunigung der Fahrervorgabe über den Lenkwinkel phasenverzögert folgt, wird für ROM die Erkennung einer bevorstehenden kippkritischen Situation mit Hilfe von Zuschlägen zur gemessenen Querschleunigung abhängig von der Änderung der Querschleunigung und des Lenkwinkels durchgeführt. Die resultierende sogenannte effektive Querschleunigung wird zur Freigabe der stabilisierenden Eingriffe auf einen Schwellwert abgefragt. Um auch bei Fahrzeugen mit hoher Beladungsvarianz ein sicheres Fahrverhalten zu gewährleisten, müssen bei der Festlegung dieses Schwellwertes die ungünstigsten Beladungsbedingungen angenommen werden. Dies führt dazu, dass bei normalen Beladungszuständen ROM-Stabilisierungseingriffe zu früh und zu heftig stattfinden können.

Der Querdynamik-Regler innerhalb ESP stützt sich in großen Teilen auf ein lineares Einspurmodell, das das Eigenlenkverhalten des zu regelnden Fahrzeuges abbildet. Dieses Eigenlenkverhalten wird im Modell entweder durch einzelne Fahrzeugparameter (z.B. Radstand, Masse) oder durch die sogenannte charakteristische Geschwindigkeit repräsentiert („Ackermann-Gleichung“). Bisher werden diese Parameter zumeist fest vorgegeben, obwohl insbesondere bei kleineren Nutzfahrzeugen z.B. die Fahrzeugmasse stark variieren kann oder sich das Eigenlenkverhalten durch Alterungsvorgänge (z.B. Reifenverschleiß, Stoßdämpfer) verändert.

Ansätze zur beladungsabhängigen Regelung (Load Adaptive Control LAC) tragen diesem Umstand Rechnung. Wird zusätzlich zur normalen ESP-Sensorik die Wankrate des Fahrzeuges messtechnisch erfasst, kann diese Information zur Freigabe von Stabilisierungseingriffen als auch zur Bestimmung ihrer Eingriffsstärke herangezogen werden (z.B. f ... ).

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von wenigstens einer Information über die Größe und/oder räumliche Verteilung der Zuladung in einem Fahrzeug, wobei diese Information aus der charakteristischen Geschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt wird.

5

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ermittlung der Schwerpunktshöhe eines Fahrzeugs, bei dem die in die Ermittlung der Schwerpunktshöhe wenigstens eine Radaufstandskraft eingeht.

10

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ermittlung einer Eingriffsschwelle für ein Umkipppverhinderungssystem, bei dem die Eingriffsschwelle abhängig von einer geschätzten Fahrzeugmasse ist.

15

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ermittlung einer Eingriffsschwelle für ein Umkipppverhinderungssystem, bei dem die Eingriffsschwelle abhängig von einer geschätzten Fahrzeugmasse unter Einbeziehung der charakteristischen Geschwindigkeit und/oder von mit der Radaufstandskraft zusammenhängenden Größen ist.

20

Weiter betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4.

## 2. Aufgabe der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, über eine Schätzung der Fahrzeuggesamtmasse, der charakteristischen Geschwindigkeit und der dynamischen Radaufstandskraft-Verhältnisse eine Aussage über das Wankverhalten des Fahrzeuges und damit die Schwerpunktslage in z-Richtung anhand der mit der üblichen ESP-Sensorik gemessenen Größen zu gewinnen und so die Eingriffsschwelle der ROM besser an den Beladungszustand anzupassen.

## 3. Kern und Vorteile der Erfindung

Das in DE 101 35 020 A 1 beschriebene Verfahren wird hinsichtlich der Nutzung einer Kombination von Verfahren zur Schätzung der Fahrzeugmasse, der charakteristischen Geschwindigkeit und der Radaufstandskraft-Verhältnisse erweitert. Diese Verfahren werden zur Schätzung der Beladungsverteilung inklusive der damit verbundenen Schwerpunktslagenänderung in z-Richtung (im Vergleich zum unbeladenen Fahrzeug) genutzt. Dadurch werden ESP-Eingriffe abhängig vom Fahrzeug-Beladungszustand genau dann und in angemessener Stärke ausgelöst, dass sie bestmöglich zu einer Stabilisierung des Fahrzeuges beitragen, ohne den Fahrkomfort unnötig zu beeinflussen. Die Struktur des Systems ist in Zeichnung 1 veranschaulicht (die Komponente, die durch das neue Verfahren ergänzt wird, ist grau hinterlegt).

#### 4. Detaillierte Beschreibung von Aufbau und Funktion

Im stationären Fall hängt die kippkritische Querbeschleunigung  $a_{y,krit}|_S$  im wesentlichen von der Lage des Schwerpunkts in z-Richtung  $h_{S,z}$  des Fahrzeugs inkl. Zuladung ab. Er ist seinerseits eine Funktion der Fahrzeugmasse  $m_{Fzg}$  (des unbeladenen Fahrzeuges), der Masse der Zuladung  $m_{Ladung}$  und der Position der Ladung im Fahrzeug:

$$a_{y,krit}|_S = f_1(h_{S,z}, m_{Fzg} + m_{Ladung}) \text{ mit } h_{S,z} = f_2(m_{Ladung}, h_{S,z,Ladung}).$$

Der beschriebene Zusammenhang ist beispielhaft in Zeichnung 2 für eine konstante Lage der Ladung im Fahrzeug veranschaulicht:  $a_{y,krit}$  nimmt mit steigender Zuladung ab, das Fahrzeug kippt bereits bei niedrigeren Querbeschleunigungen als im unbeladenen Zustand. Die dynamische kritische Querbeschleunigung  $a_{y,krit}$  liegt unterhalb von  $a_{y,krit}|_S$  und kann z.B. durch Fahrversuche bestimmt werden.

Liegt der Schwerpunkt der Zuladung nur sehr wenig oberhalb der Ladefläche (z.B. schwere Metallrohre eines Klemmers direkt auf dem Ladeboden), so kann sich die stationär kippkritische Querbeschleunigung  $a_{y,krit}|_S$  mit zunehmender Masse sogar leicht erhöhen (Zeichnung 3, obere Kurve). Bei zunehmender Schwerpunktshöhe sinkt die kippkritische Querbeschleunigung  $a_{y,krit}|_S$ .

Das Eigenlenkverhalten des Fahrzeugs, abgebildet in der charakteristischen Geschwindigkeit  $v_{ch}$ , hängt neben der Gesamtmasse auch von der Lage des Schwerpunkts in Vertikal- und Längsrichtung ab. Bei unsymmetrischer Beladung wird das Eigenlenkverhalten in Rechts- und Linkskurven unterschiedlich sein, bei Dachlast verhält es sich anders als bei einer Zuladung gleicher Masse direkt auf der Ladefläche. Durch eine Schätzung der charakteristischen Geschwindigkeit  $v_{ch}$  lässt sich im Zusammenhang mit der geschätzten Masse zumindest eine qualitative Information über die Verteilung der Zuladung im Fahrzeug erhalten. Diese Information kann in Form eines kontinuierlichen Schätzwertes für die Schwerpunktshöhenänderung oder einer Einordnung in mehrere diskrete Klassen („Clusterung“) gewonnen werden.

Ein weiterer Hinweis auf einen hohen Massenschwerpunkt ist eine stark erhöhte Radaufstandskraftänderung kurveninnen/kurvenausen bei der gemessenen Querbeschleunigung  $a_y$ . Diese Aufstandskraftänderung hat Auswirkungen auf das Schlupfverhalten des Rades. Im linearen Bereich gilt annähernd

$$F_u = F_n \cdot c_l \cdot s_l$$

mit der Umfangskraft  $F_u$ , der Aufstandskraft (Normalkraft)  $F_n$ , der Reifenlängssteifigkeit  $c_l$  und dem Längsschlupf  $s_l$ . Durch den Vergleich des Schlupfverhaltens kurveninnen mit dem kurvenausen bei verschiedenen Querbeschleunigungen lässt sich auf die Aufstandskraft-Verhältnisse zurückschließen und dadurch die Schwerpunktshöhe schätzen.

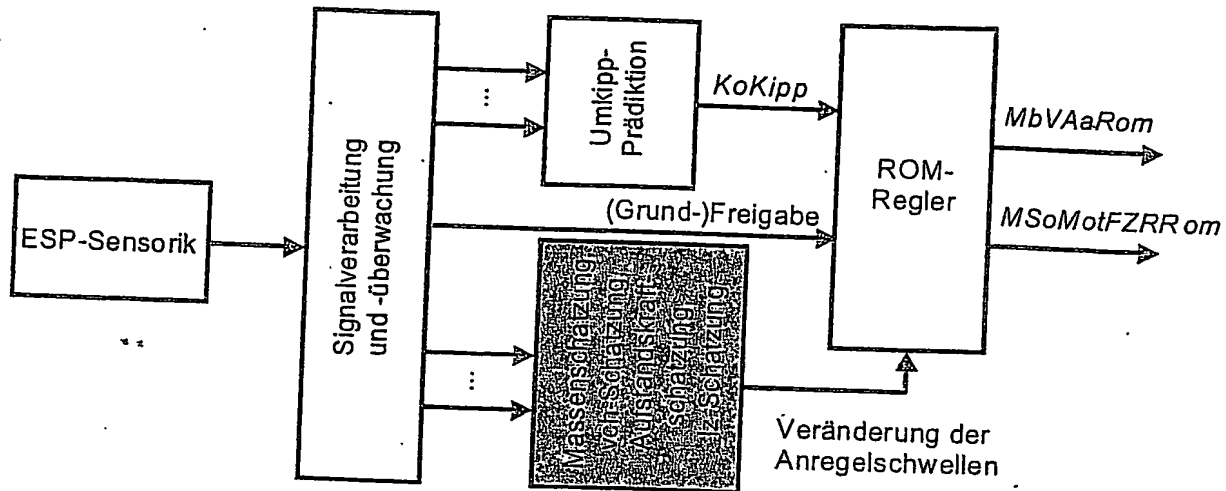
Ein Extremfall in der Aufstandskraftschätzung ist der für Nutzfahrzeuge mit starrer Hinterachse typische Fall, bei dem das kurveninnere Hinterrad seinen Bodenkontakt schon bei kleineren, unkritischen Querbeschleunigungen verliert (ein abgehobenes Rad lässt sich auch aus dem Radverhalten identifizieren). Je kleiner die Querbeschleunigung ist, bei der das Rad abhebt, desto höher liegt der Massenschwerpunkt. Eine Bremsung entlastet zusätzlich die Hinterachse und vermindert die Querbeschleunigung, bei der das kurveninnere Hinterrad abhebt (siehe Zeichnung 4).

Damit sind zumindest zwei Ausführungsbeispiele der genannten Verfahren zur Anpassung der Auslöseschwelle  $a_{y,krit}$  möglich:

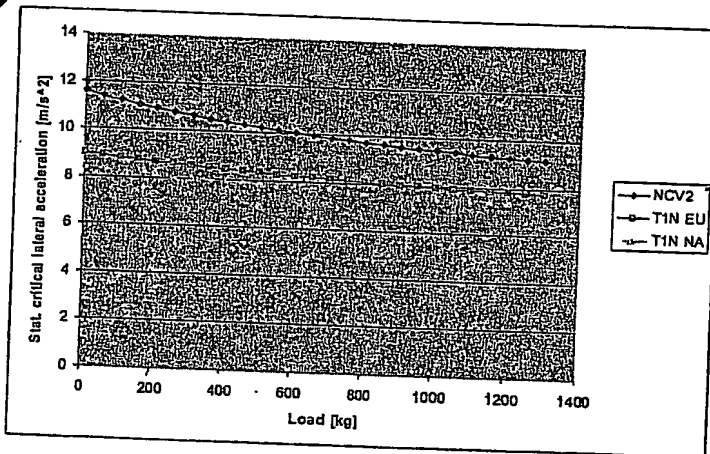
- (1) Anpassung abhängig von der geschätzten Fahrzeuggesamtmasse ohne Einbeziehung weiterer Maßnahmen zur Schätzung der Schwerpunktshöhe unter Ausnutzung des in Zeichnung 2 dargestellten Zusammenhangs.
- (2) Anpassung abhängig von der geschätzten Fahrzeuggesamtmasse mit Einbeziehung der geschätzten charakteristischen Geschwindigkeit und der dynamischen Radaufstandskraft-Verhältnisse als Indikator für die Schwerpunktshöhe unter Ausnutzung des in Zeichnung 3 dargestellten Zusammenhangs.

## Ansprüche

- 5 1. Verfahren zur Gewinnung von wenigstens einer Information über die Größe und/oder räumliche Verteilung der Zuladung in einem Fahrzeug, wobei diese Information aus der charakteristischen Geschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt wird.
- 10 2. Verfahren zur Ermittlung der Schwerpunktshöhe eines Fahrzeugs, bei dem die in die Ermittlung der Schwerpunktshöhe wenigstens eine Radaufstandskraft eingeht.
3. Verfahren zur Ermittlung einer Eingriffsschwelle für ein Umkipppverhinderungssystem, bei dem die Eingriffsschwelle abhängig von einer geschätzten Fahrzeugmasse ist.
- 15 4. Verfahren zur Ermittlung einer Eingriffsschwelle für ein Umkipppverhinderungssystem, bei dem die Eingriffsschwelle abhängig von einer geschätzten Fahrzeugmasse unter Einbeziehung der charakteristischen Geschwindigkeit und/oder von mit der Radaufstandskraft zusammenhängenden Größen ist.
- 20 5. Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4.

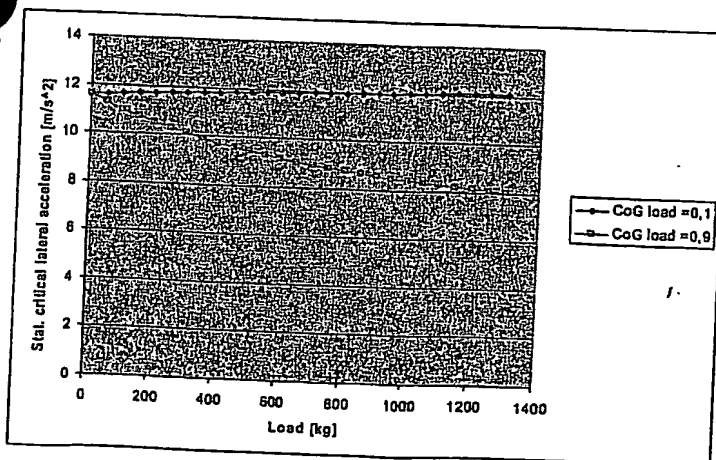


Zeichnung 1: Struktur des Gesamtsystems



Fahrzeug 1  
Fahrzeug 2  
Fahrzeug 3

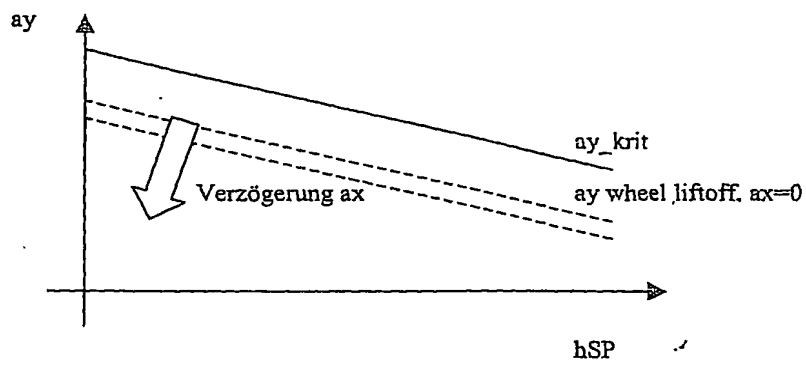
Zeichnung 2: Beispiel für den Zusammenhang zwischen der kippkritischen Querbeschleunigung und der Zuladung im stationären Fall (Schwerpunkthöhe der Zuladung über der Ladefläche konstant)



tiefhängende Fahrzeugschwerpunkt  
hoher Fahrzeugschwerpunkt

Zeichnung 3: Beispiel für den Zusammenhang zwischen der kippkritischen Querbeschleunigung und der Zuladung im stationären Fall bei unterschiedlicher Schwerpunkthöhe der Zuladung über der Ladefläche

BEST AVAILABLE COPY



Zeichnung 4: Verminderung der für das Abheben des kurveninneren Hinterrades notwendigen Querbeschleunigung beim Bremsen